

SULAMA PROGRAMLARININ GELİŞTİRİLMESİNDE BİTKİLERİN
İÇSEL SU DURUMLARINI BELİRLEYEN YÖNTEMLERDEN
YARARLANMA OLANAKLARI

Ruhi BAŞTUĞ*

Rıza KANBER**

ÖZET

Bu makalede, bitki su durumunu ölçen yöntemlerden sulama programlaması amacıyla tarla koşullarına uygun olabileceklerin açıklanması amaçlanmıştır.

Bitkisel süreçler doğrudan bitki içindeki su koşulları tarafından belirlendiğinden, bitkinin içsel su durumunu esas alan sulama ölçütleri yersel koşullardan daha az etkilenirler ve daha yaygın bir kullanılabilirlikleri vardır.

Bitki su dengesine ilişkin çalışmalarda yaklaşımlar özetlenmiş ve sulama programlamasındaki yararlılıkları değerlendirilmiştir. Bu yöntemlerden psikrometrik, basınç odacığı, oransal su içeriği, beta ışını ölçümü, infrared termometre ile uzaktan algılama yöntemleri incelenmiştir.

GİRİŞ

Sulamanın temel amacı, optimum büyüme veya istenen bitki ögesinden optimum ürün elde etmek için gerek duyulan suyu bitkilere sağlamaktır. Bu nedenle, gelişme veya verim, sulama gereksinimi belirlenirken göz önünde tutulacak en önemli etmenlerdir.

Bitki gelişmesinin, bitki dokularındaki su dengesi ile doğrudan ilişkili olduğu yaygın şekilde kabul edilmektedir. Su eksikliği durumunda bitkilerdeki fizyolojik süreçler bozulmakta ve bu durumda önce bitki büyümesi sonrada verim etkilenmektedir. Bitkilerde topraktan soğurularak atmosfere verilen su miktarını dokulardaki su dengesi belirlemektedir (Hagan ve Laborde, 1964; Tekinel ve Kanber, 1978).

Sulama suyu gereksinmesinin kabul edilebilir değerlendirilmesi, bitkilerin su stresi ya da eksikliğinden etkilenmeleri durumunda gelişmelerinde gözlenecek değişikliklere dayandırılmalıdır. Sulama suyu, optimum büyüme eğrisinden sapsmaları önleyecek veya en az düzeye indirecek biçimde bitki tarafından gereksinildiği kadar sağlanmalıdır.

* Yrd.Doç.Dr., Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Kültürteknik Bölümü.

** Doç.Dr., Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Kültürteknik Bölümü.

Anılan amaca ulaşmak için bitkilerdeki su durumunu belirlemek üzere bir çok yöntem ileri sürülmüştür. Bu yöntemlerden kimileri toprak ve çevreyi, kimileri de bitkiyi esas almaktadırlar.

Bitki; toprak ve atmosferden oluşan tüm çevresini bünyesinde birleştirdiğinden, ne toprak suyu durumu ne de atmosferik istem gerçek anlamda bitki su durumunu yansıtamaz. Bu nedenle, bitki su durumunun belirlenmesine yönelik fizyolojik çalışmalarda bitkiyi esas alan yöntemler giderek daha çok ağırlık kazanmaktadırlar. Uygun bitkisel parametrelerin ölçülmesi yoluyla bitkinin genel durumunun bir değerlendirilmesi yapılabilir ve bu bilgiler kullanılarak sulamaya karar verilebilir (Boyer, 1969; Reginato ve Howe, 1985).

Günümüze dek, bitkilerde su durumunun dolaylı ya da doğrudan ölçülmesine ve bitkilerdeki su stresi belirtilerine ilişkin bir çok çalışma yapılmış ve çok sayıda yöntem ortaya koyulmuştur (Denmead ve Shaw, 1962; Ehlig ve Gardner, 1964; Namken, 1965; Namken ve Ark., 1969; Thomas ve Ark., 1971; Namken ve Ark., 1971; Ehrlar, 1973; Radulovich ve Ark., 1982). Anılan yöntemleri su potansiyelini ölçen yöntemler (basınç teknikleri, psikrometrik yöntemler v.b.), su içeriği yöntemleri (oransal turgorite, beta ışını ölçüm yöntemi v.b.), bitkilerde görsel stres belirtilerini saptayan yöntemler (yaprak, meyve, gövde ve sap gelişimindeki değişikliklerin izlenmesi; renk, yaprakların ışığı yansıtma özelliği, yaprak sıcaklığının değişimi v.b.) olmak üzere gruplandırılmak olasıdır. Ancak ekonomik düşünceler, yitirilecek zaman ve çalışacak teknisyen sayısını kısıtladığından anılan yöntemlerin çoğunun fizyolojik çalışmaların ötesinde sulama programlaması amacıyla kullanılabilirlikleri sınırlıdır (Stegman ve Ark., 1976).

Bu makalede, bitkilerin içsel su durumunu ölçen yöntemlerden sulama programlarında kullanılmak amacıyla tarla koşullarına uygun olabileceklerin açıklanması ve yararlılık düzeylerinin tartışılması amaçlanmıştır.

BİTKİLERDE SU DURUMU

Bitki hücresinde ve dokusunda su eksikliği ya da stresi sonucunda bir çok değişimler ortaya çıkar. Bitkiye ilişkin hemen bütün parametrelerin belirli şiddet ve süre ile su eksikliği durumundan etkilendikleri saptanmıştır. Su stresine karşı tepkilerin oldukça yaygın ve

birbirine bağımlı olması, suyun hücrel süreçlerde sayısız roller oynaması ve yaşayan organizmaların bütünlük doğası ile açıklanmaktadır (Hsiao ve Bradford, 1983).

Bitkilerin içsel su durumlarını açıklamak için ileri sürülen kavramlar, genellikle suya ilişkin bazı enerji tanımlamalarına veya bitkilerin içindeki suyun miktarına dayandırılmıştır. Bitkilerde su iletimini sağlayan kuvvet, serbest enerjideki farktan doğduğu için anılan süreç içerisindeki olayları açıklamakta enerji kavramları miktar kavramlarından daha yararlı gözükmektedir. Öte yandan bitki büyümesi, suyun enerji durumundan önemli ölçüde etkilenmektedir (Boyer, 1969; Turner ve Burch, 1983).

Bitkilerdeki suyu, serbest enerji kavramlarına dayanarak açıklayan terimler emme kuvveti, emme basıncı, yayılım (difüzyon) basınç eksikliği, giren net serbest enerji ve su potansiyelidir. Bunlardan "su potansiyeli" termodinamik kavramlardan türetilmiş ve su durumunu açıklamada yaygın biçimde benimsenmiştir (Boyer, 1969; Hsiao ve Bradford, 1983).

Su potansiyeli, zedelenmemiş dokularda bulunan hücrelerin içindeki gerçek egemen koşullar altında suyun enerji düzeyinin veya kimyasal potansiyelinin bir ölçüsüdür. Aynı zamanda, dokular saf su içine konulduklarında dokuların suyu absorbe ettikleri basıncın bir göstergesidir (Kramer, 1959; Hagan ve Laborde 1964'den).

Bitki-su çalışmalarında geleneksel olarak basınç kavramı kullanıldığından su potansiyeli (Ψ), çoğunlukla kimyasal potansiyel (μ , erg/mol) suyun molal hacmine (V , cm^3/mol) bölünerek basınç birimleriyle verilir (Boyer, 1969):

$$\Psi = (\mu - \mu_0) / \bar{V} \quad (1)$$

Kolaylık olması bakımından, basınç birimleri genellikle bar (10^6 erg/ cm^3) veya atmosfer (0.987 bar) olarak ifade edilmektedir. Kimyasal potansiyelin mutlak değeri bilinmediğinden, bitki ile ilgili çalışmalarda atmosfer basıncında ve aynı sıcaklıkta bulunan serbest saf suyun kimyasal potansiyeli (μ_0) baz olarak kabul edilmiştir. Bu kıyas düzeyinin su potansiyeli sıfır olarak tanımlanmıştır.

Bitki ile ilgili birçok çalışmada uygun ölçüm için su potansiyelini, kendisini oluşturan ögelere ayırmak gerekir. Bunlar osmotik, matric, basınç ve yerçekimsel ögelerdir.

Çoğu bitkiler için çok ıslak sulama programlarını sürdürerek bitki su potansiyelini yüksek tutmanın birim alandan en yüksek verimin alınması ile sonuçlanacağı kabul edilir. Ancak, hasat edilen kısmında farklılaşma veya olgunlaşmayı başlatmak için su stresi gereksinen bitkiler (örneğin, pamuk) için büyüme mevsimi içinde su stresinin programlanması yararlı olabilir (Hillel, 1987).

Öte yandan su potansiyelinin ölçümündeki güçlükler, araştırmacıları bitkilerin içsel su durumuna ilişkin daha dolaylı diğer parametrelerin ölçümüne yöneltmiştir. Bu nedenle bitki su durumunun belirlenmesinde bazen doku su içeriği belirleme yöntemleri de kullanılmaktadır. Ancak her ikisi de çeşitli doku su içeriklerinde su potansiyelinin ölçülmesi yoluyla birbirleriyle ilişkilendirilebilirler.

BİTKİ SU DURUMUNUN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Su Potansiyeli Yöntemleri

Psikrometrik Yöntem: Buhar basıncı, suyun kimyasal potansiyelinin duyarlı bir göstergesidir (Boyer, 1969). Bu özellikten yararlanılarak toplam su potansiyeli termokapl psikrometre ile belirlenebilir. Termokapl psikrometre yöntemi, doku parçası üzerindeki buhar basıncının dokunun su potansiyeli ile aşağıdaki gibi ilişkili olduğu ilkesine dayanır (Turner ve Burch, 1983).

$$\psi = \frac{RT}{\bar{V}} \ln (e/e_0) \quad (2)$$

Eşitlikte; R gaz sabiti, T sıcaklık ($^{\circ}\text{K}$), e dokudaki suyun buhar basıncı, e_0 atmosferik basınçtaki saf suyun buhar basıncıdır. Çözümlerde doku ile denge durumuna gelmiş buhar basıncının dokudaki ile aynı kimyasal potansiyele sahip olduğu kabul edilir.

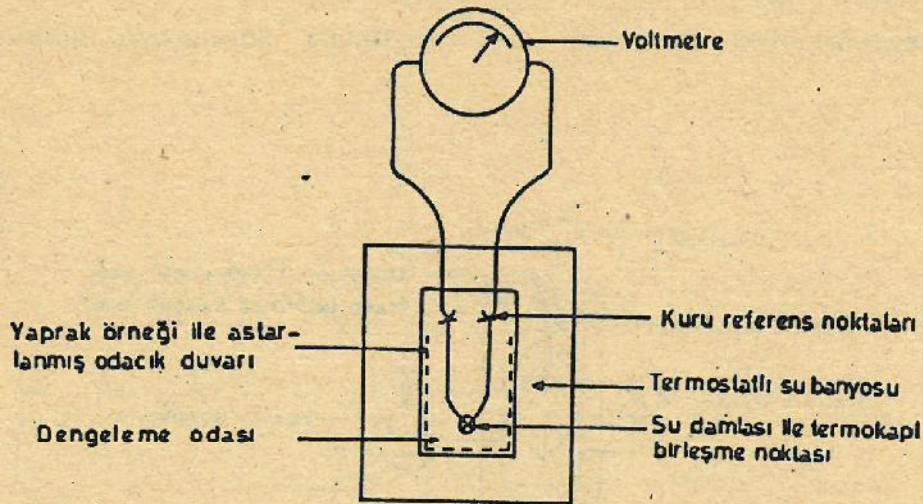
Su potansiyeli ölçümü için doku örnekleri küçük bir odacığa kapatılır ve sistemin doku su potansiyeli ile dengeye gelecek buhar basıncına ulaşması sağlanır. Sistemde tutulan bir saf su damlası odacıktaki buhar basıncına bağlı olarak buharlaşacak ve soğuyacaktır.

Soğumanın düzeyi, buhar basıncı eksikliği ile dolayısıyla doku örneğinin su potansiyeli ile ilişkilidir. Buharlaşan suyun sıcaklığı termokapl ile ölçülür ve soğumanın oluşturduğu elektriksel potansiyel kaydedilir. Sistemde sabit sıcaklık, termostatlı bir su banyosu ile sağlanır.

Termokapl psikrometrelerin esas olarak iki tipi bulunmaktadır. Birinci tipte, Peltier etkisi ile soğutulan su termokapl üzerinde yoğunlaştırılır (Spanner Yöntemi). İkinci tipte ise alet çalıştırılmadan önce termokapl saf suya daldırılarak ıslatılır (Richards-Ogata Yöntemi), (Şekil 1).

Psikrometrik yöntemin en üstün yönü tek örnek yöntemi olmasıdır. Öte yandan voltmetrede okunan elektriksel potansiyel değerleri su potansiyeli ile ilişkilidir. Alet, dengeleme odacığına bilinen farklı osmotik potansiyellerdeki çözeltilere daldırılmış filtre kağıdı disklerinin yerleştirilmesi yoluyla kalibre edilir. Yöntemin olumsuz yönleri içinde; duyarlı ısı denetimi gerektirmesi, aletin karmaşık yapıda oluşu, fiyatı ve çalışması için enerjiye gereksinim duyması sayılabilir. Anılan olumsuzluklar laboratuvar çalışmaları için çok duyarlı ve güvenilir olan aletin tarla koşullarında uygulanabilirliğini sınırlar (Shimshi, 1973).

Basınç Odacığı Yöntemi: Basıncın su potansiyeli üzerindeki etkisi, termodinamik olarak su potansiyelinin çözünür madde ve diğer



Şekil 1. Termokapl psikrometre (Shimshi, 1973).

öğelerinin etkilerine eşit olduğundan basınç, su potansiyelinin bir ölçüsü olarak kullanılabilir (Boyer, 1969).

Bu yöntem dokudaki su durumunu ifade eden aşağıdaki ilişkiye dayanır (Shimshi, 1973):

$$\Psi = - OP + TP \quad (3)$$

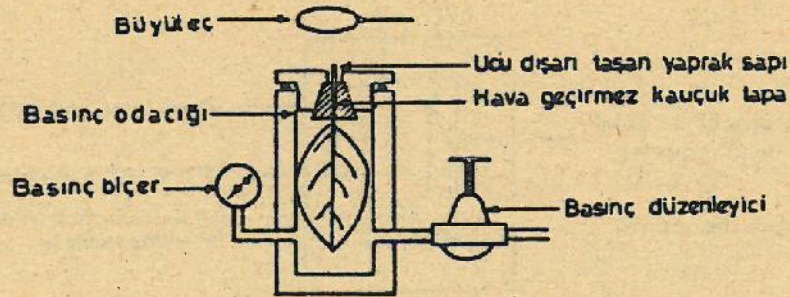
Burada, OP doku suyunun osmotik basıncını, TP bitki dokusunun turgor basıncını göstermektedir.

Su potansiyeli ölçümü için bitki örneği (yaprak, yaprak sapı, ince dal v.b.) kesilmiş ucu dışarı çıkıntı yapacak şekilde hava geçirmez çelik bir basınç odacığına kapatılır (Şekil 2). Odacık içine, bitki öz suyunun kesilmiş uçtan çıkmaya başlamasına dek giderek artan biçimde basınç uygulanır. Eğer denge durumunda uygulanan basınç AP ise, o zaman toplam bitki su potansiyeli aşağıdaki gibi sıfıra eşit olur.

$$\Psi = - OP + (TP + AP) = 0 \quad (4)$$

Anılan nedenle, denge durumunda uygulanan basınç dokunun su potansiyelinin bir ölçüsüdür. Dışarı sızan suyun çözünür madde içermediği varsayımına dikkat edilmelidir. Aksi durumda onun osmotik potansiyeli de belirlenmeli ve denge basıncından çıkartılmalıdır.

Yöntem, yaprak suyu potansiyeli ölçüm yöntemleri içinde tarla çalışmalarına en uygun olanıdır. Teknik hızlıdır ve sıcaklığa karşı fazla duyarlı değildir. Ancak dokuyu örseleyici bir yöntem olduğundan sınırlı sayıda bitki materyali ile çalışılması durumunda önerilmez.



Şekil 2. Basınç odacığı yöntemi (Shimshi, 1973).

Alet fazla pahalı olmayıp ölçüm yerine taşınabilir niteliktedir. Öte yandan, hızlı basınç artışı sonucunda ya da örnekleme ve örneği odacığa yerleştirme sırasında oluşabilecek yaprak dokusunun kuruması gibi hataları en az düzeye indirmek için bazı önlemlerin alınması gerekir (Boyer, 1969; Grimes ve Yamada, 1982 a; Turner ve Burch, 1983).

Ölçümlerin, örneğin alınmasından hemen sonra yapılması doğru sonuç verir. Bu olanaksız ise yapraklar nemli bir tülbente sarılarak ya da plastik bir torbaya kapatılarak ölçüm yerine ulaştırılmalıdır.

Bu teknik bir çok ekolojik ve tarımsal amaçlı çalışmada yaygın olarak kullanılmıştır (Bielorai ve Hopmans, 1975; Thomas ve Ark., 1976; Grimes ve Yamada, 1982 b; Radin, 1984).

Grimes ve Yamada (1982 a), çalışmalarında basınç odacıği tekniği ile ölçtükleri yaprak suyu potansiyeli değerlerine göre pamuğu sulamışlardır. Araştırmacılar, yaprak suyu potansiyelinin büyüme mevsimi başlarında -16 bar'a, mevsim ortasında -18 ile -20 bar'a ve çiçeklenmenin en yoğun olduğu dönemde ise -18 bar'a inmesi durumunda sulama yapılmasını önermişlerdir.

Su İçeriği Yöntemleri

Doku Su İçeriği: Bitki dokularının su içeriği taze materyalin (yaprak, yaprak sapı) tartılması, suyunun uzaklaştırılması için fırında kurutulması ve kuru materyalin yeniden tartılması ile belirlenebilir. Sonuç taze ağırlık esasına göre $100 \times (FW-DW)/FW$ ya da kuru ağırlık esasına göre $100 \times (FW-DW)/DW$ biçiminde yüzde olarak ifade edilebilir. Eşitliklerde FW taze ağırlık, DW kuru ağırlıktır. Fotosentez yapmayan dokular için topraklarda olduğu gibi kuru ağırlık esasına dayalı su içeriği tanımlaması genellikle yeterli olmaktadır. Ancak yapraklarda fotosentez nedeniyle uzun periyotlar için büyümeden dolayı kuru ağırlıkta değişimler söz konusudur (Slatyer, 1967; Shimshi, 1973).

Anılan nedenlerle yaprak örnekleri için en iyi birimlendirme, su içeriğini dokunun turgor durumundaki su içeriğinin yüzdesi olarak ifade eden "oransal turgorluk" ya da "oransal su içeriği (RWC)"dir. Bu değer, taze materyalin tartılması, uygun bir süre damıtık suda yuzdürülerek sature edilmesi ve fırında kurutularak kuru ağırlığının tartılması ile belirlenir ve $RWC = 100 \times (FW-DW)/(SW-DW)$ biçiminde

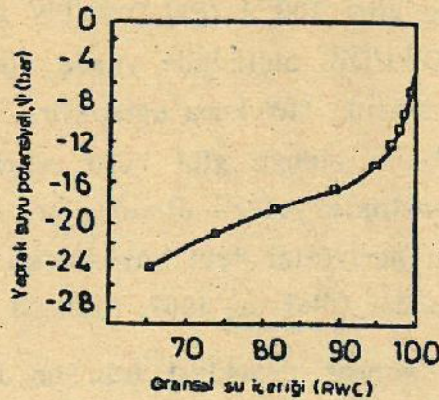
yüzde olarak ifade edilir. Burada, SW örneğın saturasyondan sonraki ağırlığıdır. Öte yandan "oransal su eksikliği (RWD)" de, 100-RWC biçiminde ifade edilebilir.

Saturasyon süresi, örneğın tümüyle satire olmasına yeter uzunlukta, fakat solunum ya da diğeri metabolik değişmeler sonucu kuru ağırlıkta sezilebilir farklılıkları önleyecek kadar kısa olmalıdır. Yapraklardan alınan diskler için bu süre çoğu zaman 3-4 saattir (Shimshi, 1973).

Oransal su içeriğinin belirlenmesi yöntemi, bitki dokusundaki suyun miktarını ifade etmede en yaygın olarak kabul edilen bir yöntemdir (Boyer, 1969). Çok az ekipman gerektirir ve potansiyel terimleri ile kalibre edilirse su potansiyelini hesaplamada da kullanılabilir. Ψ ile RWC arasındaki ilişkiye bir örnek Şekil 3'te verilmiştir.

Tümüyle satire olmuş (RWC = % 100) yaprakta su kaybına karşılık su potansiyelindeki (Ψ) düşme başlangıçta çok hızlıdır, sonra RWC sıfır turgora kadar azalmaya devam ettikçe daha yavaş olur.

RWC ve RWD değerleri, bitkinin çeşitli kısımları arasındaki su durumu farklılıklarını belirtmekle birlikte, bu değerler hücre duvarlarının sertliği gibi su durumu ile ilgili olmayan etmenlerden de etkilebilirler (Shimshi, 1973). Öte yandan belirlemelerin geçerliliği saturasyon sırasında dokunun su ile satire olma derecesine, dokunun turgor

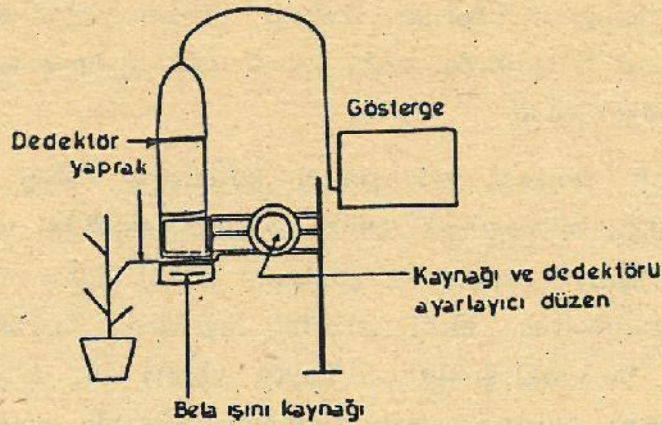


Şekil 3. Pamuğın yapraklarında su potansiyeli (Ψ) ile oransal su içeriği (RWC) ilişkisi (Hsiao ve Bradford, 1983).

durumunun tanımına bağlıdır. Ancak yöntemin basitliği yaygın kullanımına neden olmuştur. Özenle standartlaştırılmış kalibrasyon ile bitki dokusunun su potansiyeline ilişkin önemli bilgiler elde edilebilir (Boyer, 1969; Turner ve Burch, 1983).

Doku su içeriği bir çok çalışmada kullanılmıştır. Namken (1965), pamuk yapraklarında oransal turgorluğun % 72'nin altına düşmesi durumunda verimde önemli ölçüde düşme olduğunu saptamıştır. Longenecker ve Lyerly (1969), pamukta yaprak sapı su içeriğinin yaprak su içeriğinden daha güvenilir bir stres göstergesi olduğunu ve sulama zamanının tahminine olanak vereceğini belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar bir başka çalışmalarında farklı pamuk çeşitlerinde yaprak su içeriğinin % 70-90 arasında değiştiği sonucuna ulaşmışlardır (Longenecker ve Lyerly, 1971). Ülkemizde yapılan bir çalışmada, oransal yaprak su içeriğinin % 79 dolaylarına düşmesi durumunda pamuğun sulamaya gereksindiği belirlenmiştir (Baştuğ ve Tekinel, 1988).

Beta Işını Ölçüm Yöntemi: Doğal durumdaki yaprakların oransal su içeriğini dolaylı olarak belirlemeye yarayan bu yöntem, yaprak dokusundaki kütlenin artmasıyla beta ışınlarının geçişinin azalması esasına dayanmaktadır. Yapraklarda su içeriğinin artması yaprak kütlesinin artmasına neden olur. Bu durum yaprağın bir yanına beta ışını kaynağı, öteki yanına bir sayıcı (dedektör) yerleştirilerek belirlenebilir (Şekil 4).



Şekil 4. Beta Işını Ölçüm Yöntemi (Shimshi, 1973).

Yöntem dokuyu örseleyici değildir ve belirli bir yaprak alanındaki su içeriğinin sürekli olarak izlenmesine olanak verir. Ancak, yöntemin her yaprak tipi için kalibrasyonu gerekir. Sistem, yaprağın yerleştirilme durumundan etkilenebilir. Öte yandan ekipmanı pahalıdır ve elektronik düzen gerektirir.

Oransal su içeriği ve su potansiyeli arasındaki bağıntıya ilişkin bilgiden yararlanılarak bu yöntemle doğal haldeki yaprakların su potansiyeli belirlenebilmektedir. Yöntemin en iyi yönü su potansiyeli belirleminin doku içerisindeki suyun akış sistemine en az etkide bulunularak gerçekleştirilmesidir (Boyer, 1969).

Uzaktan Algılama (Infrared Termometre) Yöntemi

Bu yöntem, infrared radyasyon termometresi kullanılarak uzaktan algılama ile belirlenen bitki taç örtüsü sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki farkı temel alan dolaylı bir yöntemdir (Jackson, 1982). Alet elle taşınabilir ya da sabit bir yere monte edilebilir niteliktedir. Taç örtüsü sıcaklığı ölçümü tarlayı temsil etmeye yetecek genişlikte bir alan üzerinde yapılmalıdır.

Yöntem, transpirasyon sürecinin serinletici etkiye sahip olduğu gerçeğine dayanır. Buna göre, serbestçe ve maksimum (potansiyel) hızda transpirasyon yapan iyi sulanmış bitkilerin yaprakları genellikle çevredeki hava sıcaklığından daha düşük olur. Ancak bitkiler su eksikliği duyarak stomalarını kapamaya başladıklarında yaprakların, bunun sonucu olarak da bitki taç örtüsünün sıcaklığı artmaya başlar ve çevresel hava sıcaklığının üzerine çıkabilir. Stresin yoğun olması durumunda; özellikle kurak bölgelerde, bitki taç örtüsü ve hava sıcaklığı arasındaki fark daha büyük olur.

Enerji dengesi yaklaşımını kullanarak bitki taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı, atmosferik buhar basıncı eksikliği ve net radyasyon arasındaki ilişkiyi belirleyen Jackson (1982), bitki su stresi indeksini (CWSI) tanımlayarak, bitki stresini niceliksel olarak ölçülür duruma getirmiştir. Bu yaklaşımın en büyük yararı taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı dışındaki parametrelerin tümünün hesapla bulunabilir olmasıdır.

Değişik çalışmalarda bitki su stresi indeksinin sulama gereksinimine işaret etmede yararlı olduğu belirlenmiştir (Pinter ve Reginato,

1982; Howell ve Ark., 1984). Reginato ve Howe (1985), pamukta sözkonusu indeksin sulama programlamasında ve hasattan önce lif pamuk veriminin sezinlenmesinde kullanılabileceğini göstermişlerdir.

SONUÇ

Sulama programlarının geliştirilmesinde ve mevsim sonunda elde edilebilecek verimin önceden kestirilmesinde kullanılabilen bitki su stresini belirlemek için bitkiye dayanan birçok ölçüm yöntemi bulunmaktadır. Ancak yöntemlerin tarla koşullarında yararlı olabilmeleri için: i) Bitki su gereksinmesini, stres etkisinin belirmesinden önce göstermeleri; ii) Su eksikliğine ilişkin güvenilir ve tutarlı bilgiler sağlamaları; iii) Kullanımlarının kolay ve ucuz olması gerekir.

Geleneksel fizyolojik ölçümler genellikle zaman alıcı, fazla emek isteyen ve bu nedenle sulama işletmeciliği açısından geniş çaplı uygulamalarda fazla pratik olmayan yöntemlerdir. Bu ölçümler bitkilerin belirli kısımlarında yapıldıklarından zaman zaman hatalara neden olabilmektedirler. Yine, nokta bazında ölçüm yaptıkları için büyük alanları temsil edebilmeleri çok sayıda gözlemin yapılmasına bağlıdır.

Öte yandan bu makalede sözü edilen yöntemler sulama programlarının geliştirilmesinde yalnızca uygun zamanlama amacına yanıt verecek nitelikte bulunmaktadır. Halbuki; etkin sulamanın ikinci gereksinimi, her sulamada evapotranspirasyonla kaybolan ve gerekiyorsa ayrıca yıkama gereksinimine eşit derinlikte su uygulanmasıdır. Bitkisel göstergelerden yararlanılarak hem sulama zamanı hem de miktarının belirlenmesi, özel ekim ve denetimli çevre koşulları altında yalnızca yaklaşık ve uygulanabilirlik açısından en iyi korelasyonların kurulmasını gerektirir.

Bununla beraber infrared radyasyon termometresi ile bitki taç örtüsü sıcaklığının izlenmesi yönteminin gelecekte pratik olabileceği söylenebilir. Aletin kullanımının kolay fiyatının ucuz sayılabilmesi, ölçümlerin birçok bitkiyi dolayısıyla tarlayı daha iyi temsil edecek nitelikte olması ve son olarak da hızlı sonuç alma olanağının bulunması nedenleriyle anılan yöntem ümit vermektedir.

SUMMARY

EVALUATION OF THE METHODS BASED ON MEASUREMENTS OF INTERNAL WATER STATUS FOR THE DEVELOPMENT OF IRRIGATION PROGRAMS

The purpose of this article was to describe some of the techniques for measuring plant water status which are suitable for using at field conditions for irrigation programming.

Since plant processes are determined directly by internal water status within the plant, irrigation criteria based on plant water should be less influenced by local conditions and should have nearly common application.

Approaches to studying plant water balance were summarized and their usefulness were evaluated for irrigation programming. These include psychrometric, pressure chamber, beta-ray gauging, relative water content methods and remote sensing with an infrared thermometer.

KAYNAKLAR

- Baştuğ, R. ve O.Tekineli, 1988. Pamuk Yaprak Su İçeriği ile Çevresel Etkenler Arasındaki İlişkinin İrdelenmesi. 3.Ulusal KÜLTÜRTEKNIK Kongresi, 20-23 Eylül, İzmir (Baskıda).
- Bielorai, H., and P.A.M.Hopmans, 1975. Recovery of Leaf Water Potential, Transpiration, and Photosynthesis of Cotton During Irrigation Cycles. *Agron.J.* 67: 629-632.
- Boyer, J.S., 1969. Measurement of the Water Status of Plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 20, 351-364.
- Denmead, D.T., and R.H.Shaw, 1962. Availability of Soil Water to Plant as Affected by Soil Moisture Content and Meteorological Conditions. *Agron.J.* 54: 385-390.
- Ehlig, C.F., and W.R.Gardner, 1964. Relationship Between Transpiration and the Internal Water Relation of Plants. *Agron.J.* 56: 127-130.
- Ehrler, W.L., 1973. Cotton Leaf Temperatures as Related to Soil Water Depletion and Meteorological Factors. *Agron.J.* 65: 404-409.
- Grimes, D.W., and H.Yamada, 1982 a. Cotton Growth Related to Plant's Water Status. *Calif. Agric.* Nov.-Dec., 13-14.
- Grimes, D.W., and H.Yamada, 1982 b. Relation of Cotton Growth and Yield to Minimum Leaf Water Potential. *Crop Sci.* 22: 134-139.
- Hagan, R.M., and J.F.Laborde, 1964. Plants as Indicator of Need for Irrigation. 8 th Intern. Congress of Soil Science, Bucharest, Romania. *Transactions Comptes Rendus Berichte, Vol.II.*, 399-421.
- Hillel, D., 1967. The Efficient Use of Water in Irrigation. World Bank Technical Paper Number 64, Washington, D.C.
- Howell, T.A., J.L.Hatfield, H.Yamada and K.R.Davis, 1984. Evaluation of Cotton Canopy Temperature to Detect Crop Water Stress. *Transactions of the ASAE*, 27: 84-88.
- Hsiao, T.C., and K.J.Bradford, 1983. Physiological Consequences of Cellular Water Deficits. Limitations to Efficient Water Use in Crop Production (Ed. by Taylor et.al.). USA., 227-265.

- Jackson, R.D., 1982. Canopy Temperature and Crop Water Stress. Advance in Irrigation. Vol 1. (Ed.by D.Hillel). Academic Press. New York., 43-85.
- Longenecker, D.E., and P.J.Lyerly, 1969. Moisture Content of Cotton Leaves and Petioles as Related to Environmental Moisture Stress. Agron.J. 61: 687-690.
- Longenecker, D.E., and P.J.Lyerly, 1971. Diurnal Changes in Cotton Leaf and Petiole Moisture Content as Related to Environmental Moisture Stress. Agron.J. 63: 885-886.
- Namken, L.N., 1965. Relative Turgidity Technique for Scheduling Cotton (*Gossypium hirsutum*) Irrigation. Agron.J. 57: 38-41.
- Namken, L.N., J.F.Bartholic, J.R.Runkles, 1969. Monitoring Cotton Plant Stem Radius as an Indication of Water Stress. Agron.J. 61: 891-893.
- Namken, L.N., J.F.Bartholic, J.R.Runkles, 1971. Water Stress and Stem Radial Contraction of Cotton Plants (*Gossypium hirsutum* L.) Under Field Conditions. Agron.J. 63: 623-627.
- Pinter, P.J.Jr., R.J.Reginato, 1982. A Thermal Infrared Technique for Monitoring Cotton Water Stress and Scheduling Irrigations. Transactions of the ASAE. 25: 1651-1655.
- Radin, J.W., 1984. Stomatal Responses to Water Stress and to Abscisic Acid in Phosphorus-Deficient Cotton Plants. Plant Physiol. 76: 392-394.
- Radulovich, R.A., C.J.Phene, K.R.Davis, and J.R.Brownell, 1982. Comparison of Water Stress of Cotton from Measurements with the Hydraulic Press and the Pressure Chamber. Agron.J. 74: 383-385.
- Reginato, R.J., and J.Howe, 1985. Irrigation Scheduling Using Crop Indicators. J.Irrig. Drain. Eng. 111(2): 125-133.
- Shimshi, D., 1973. Water Status in Plants-Methods of Measuring. Arid Zone Irrigation (Ed. by B.Yaron et.al.) Springer-Verlag New York. Heidelberg. Berlin, 249-259.
- Slatyer, R., 1967. Water as a Plant Component. Plant-Water Relationships. Academic Press-London and New York, 127-160.
- Stegman, E.C., L.H.Schiele, A.Bauer, 1976. Plant Water Stress Criteria for Irrigation Scheduling. Transactions of the ASAE. 19: 850-855.
- Tekinel, D., R.Kanber, 1978. Çukurova Koşullarında Pamuk Bitkisinin Fenolojik Görüntüsüne Göre Sulama Zamanının Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Yıllığı (9): 32-44.
- Thomas, J.R., L.N.Namken, G.F.Oerther, and R.G.Brown, 1971. Estimating Leaf Water Content by Reflectance Measurements. Agron.J. 63: 845-847.
- Thomas, J.R., K.W.Brown, and W.R.Jordan, 1976. Stomatal Response to Leaf Water Potential as Affected by Preconditioning Water Stress in the Field. Agron.J. 68: 706-708.
- Turner, N.C., and G.J.Burch. 1983. The Role of Water in Plants. Crop-Water Relations (Ed. by I.D.Teare and M.M.Peet). John Wiley and Sons. USA, 73-126.

